

AD

(51)Int.Cl.

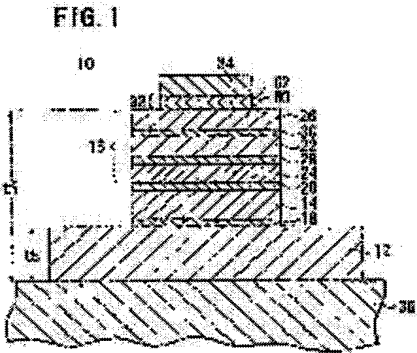
H01L 23/36
B23K 1/20
B23K 35/30
C22C 5/08
// B23K101:14
B23K101:40

(21)Application number : 2003-092511	(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD
(22)Date of filing : 28.03.2003	(72)Inventor : ISHIKAWA TAKAHIRO SHINKAI MASAYUKI MIYAHARA MAKOTO ISHIKAWA SHUHEI NAKAYAMA NOBUSUKE YASUI SEIJI

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate generation of excessive hard solder material and enable obtaining required bonding strength when a heat spreader module is joined.

SOLUTION: A heat spreader module 10 is provided with a pedestal 12, a heat spreader member 14 which is joined on the pedestal 12 through a first hard solder member 18, an intermediate layer 24 which is bonded on the heat spreader member 14 through a second hard solder member 20, an insulating substrate 22 which is joined on the intermediate layer 24 through a third hard solder member 28, and a circuit board 26 which is joined on the insulating substrate 22 through a fourth hard solder member 30. The first to the fourth hard solder members 18, 20, 28, 30 are so supplied that thickness of the respective hard solder members 18, 20, 28, 30 becomes 3-20 μm at the time of pressurization bonding and content of active element (Ti) is 400-1000 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.10.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

AD

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-303818

(P2004-303818A)

(43) 公開日 平成16年10月28日(2004. 10. 28)

(51) Int. Cl.⁷

H 0 1 L 23/36

B 2 3 K 1/20

B 2 3 K 35/30

C 2 2 C 5/08

// B 2 3 K 101:14

F I

H 0 1 L 23/36

B 2 3 K 1/20

B 2 3 K 35/30

C 2 2 C 5/08

B 2 3 K 101:14

テーマコード (参考)

5 F 0 3 6

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2003-92511 (P2003-92511)

(22) 出願日

平成15年3月28日 (2003. 3. 28)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(74) 代理人 100077665

弁理士 千葉 剛宏

(74) 代理人 100116676

弁理士 宮寺 利幸

(72) 発明者 石川 貴浩

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

日本碍子株式会社内

(72) 発明者 新海 正幸

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

日本碍子株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒートスプレッドモジュールの製造方法及びヒートスプレッドモジュール

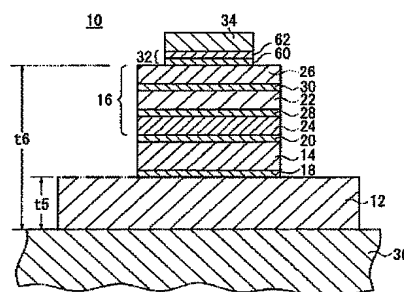
(57) 【要約】

【課題】ヒートスプレッドモジュールを接合する際に、余剰の硬ろう材を生じることなく、しかも、必要な接合強度を得られるようにする。

【解決手段】ヒートスプレッドモジュール10は、台座12と、該台座12上に第1の硬ろう材18を介して接合されたヒートスプレッド材14と、該ヒートスプレッド材14上に第2の硬ろう材20を介して接合された中間層24と、該中間層24上に第3の硬ろう材28を介して接合された絶縁基板22と、該絶縁基板22上に第4の硬ろう材30を介して接合された回路基板26とを有し、第1～第4の硬ろう材18、20、28、30は、加圧接合時での各硬ろう材18、20、28、30の厚みが3～20 μ mとなるように供給され、かつ、活性元素(Ti)の含有量が400～1000 μ g/cm²である。

【選択図】図1

FIG. 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

台座上に少なくともヒートスプレッド材と絶縁基板と金属板とが接合されたヒートスプレッドモジュールの製造方法において、
少なくとも前記台座と、ヒートスプレッド材と、絶縁基板と、金属板との間にそれぞれ活性元素を含む硬ろう材を供給する工程と、
これらの積層された部材を加圧しつつ加熱して硬ろう材を熔融させて接合する工程とを含み、
前記各硬ろう材は、熔融させた際に厚みが $3\sim 20\mu\text{m}$ となるように供給され、かつ、前記活性元素の含有量が $400\sim 1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であることを特徴とするヒートスプレッドモジュールの製造方法。

【請求項2】

請求項1記載のヒートスプレッドモジュールの製造方法において、
前記硬ろう材は活性元素と硬ろう材が混合されたものであることを特徴とするヒートスプレッドモジュールの製造方法。

【請求項3】

請求項1又は2記載のヒートスプレッドモジュールの製造方法において、前記活性元素はTiであることを特徴とするヒートスプレッドモジュールの製造方法。

【請求項4】

請求項3記載のヒートスプレッドモジュールの製造方法において、
前記硬ろう材として、前記活性元素であるTiを $3\sim 15$ 質量%含む硬ろう材、もしくは活性元素であるTiを $3\sim 15$ 質量%混合させた硬ろう材を用いることを特徴とするヒートスプレッドモジュールの製造方法。

【請求項5】

請求項3又は4記載のヒートスプレッドモジュールの製造方法において、
前記硬ろう材として、 $\text{Ag}-\text{Cu}-\text{In}-\text{Ti}$ の硬ろう材、もしくは $\text{Ag}-\text{Cu}-\text{In}-\text{Ti}$ の硬ろう材とTiを混合した硬ろう材を用いることを特徴とするヒートスプレッドモジュールの製造方法。

【請求項6】

請求項1～5のいずれか1項に記載のヒートスプレッドモジュールの製造方法において、
前記ヒートスプレッド材は、Cu母材にCuまたはCu合金が含浸された複合材、もしくはSiC母材にCuまたはCu合金が含浸された複合材で構成されていることを特徴とするヒートスプレッドモジュールの製造方法。

【請求項7】

請求項6記載のヒートスプレッドモジュールの製造方法において、
前記ヒートスプレッド材と隣接する部材間には、前記硬ろう材が、熔融させた際に厚みが $3\sim 20\mu\text{m}$ となるように供給され、かつ、前記活性元素の含有量が $400\sim 1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、
前記絶縁基板と隣接する部材間には、前記硬ろう材が、熔融させた際に厚みが $3\sim 20\mu\text{m}$ となるように供給され、かつ、前記活性元素の含有量が $50\sim 1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であることを特徴とするヒートスプレッドモジュールの製造方法。

【請求項8】

少なくとも台座と、ヒートスプレッド材と、絶縁基板と、金属板との間にそれぞれ活性元素を含む硬ろう材が供給され、これらの部材を加圧しつつ加熱して接合することにより構成されるヒートスプレッドモジュールであって、
前記各硬ろう材は、熔融させた際に厚みが $3\sim 20\mu\text{m}$ となるように供給され、かつ、前記活性元素の含有量が $400\sim 1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であることを特徴とするヒートスプレッドモジュール。

【請求項9】

少なくとも台座と、ヒートスプレッド材と、絶縁基板と、金属板との間にそれぞれ活性元

素を含む硬ろう材が供給され、これらの部材を加圧しつつ加熱して接合することにより構成されるヒートスプレッドモジュールであって、

前記金属板は、その側端面から内部に向かって所定の範囲にわたって合金化され、前記所定の範囲は、 $0\mu\text{m}$ 以上、 $200\mu\text{m}$ 以下の範囲であることを特徴とするヒートスプレッドモジュール。

【請求項10】

請求項8又は9記載のヒートスプレッドモジュールにおいて、前記金属板の合金化された部分は、前記硬ろう材の組成元素を含むことを特徴とするヒートスプレッドモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体等で構成されたICチップ等を冷却するために使用されるヒートスプレッドモジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor: ゲート隔離型バイポーラトランジスタ) 等の半導体装置の発熱を効果的に放散させる部材としてのヒートスプレッドモジュールは、回路基板、絶縁基板及びヒートスプレッド材 (熱拡散層)、台座により構成される。更に必要に応じてこれら部材間に応力緩衝層を設けることもある。従来、これら部材を接合する際には、半田層 (融点 = 250°C 程度) を用いて接合することが多かった。

【0003】

しかし、半田層が大きな熱抵抗となることと、回路基板と絶縁基板とのろう接合工程と、接合体と台座との接合工程の2つの工程を経由することから製造コストを高価格化させる要因となっていた。

【0004】

そこで、本発明者らは、先に特許文献1において、回路基板、絶縁基板、中間層及びヒートシンク材を硬ろう材を用いて加圧しつつ加熱して接合することで、熱抵抗となる接合層を残留させず、かつ、1工程で接合する手法を開示した。この手法によれば、高い熱伝導率をもったヒートスプレッドモジュールを安価に得ることができる。

【0005】

【特許文献1】

特開2002-43482号公報 (段落 [0033]、図5A)

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述の1工程で接合を完了する手法においては、硬ろう材を供給しすぎると、接合時に余剰の硬ろう材が台座周辺に押し出されることになる。この場合、押し出された硬ろう材を除去しなければならず、製造コストが高くなるおそれがある。

【0007】

また、溶融した硬ろう材が押し出されると、例えば回路基板や緩衝層として用いている銅板の側端面と硬ろう材が接触することになるが、この場合、当該硬ろう材と銅板との合金化が促進され、該合金化された部分の電気伝導率や熱伝導率が銅に比べて低下したり、あるいは耐力が上昇して応力緩衝効果が銅に比べて低減するなどヒートスプレッドモジュールとしての品質を劣化させるおそれがある。

【0008】

そこで、硬ろう材が押し出されないように、硬ろう材の供給量を低減することが考えられるが、接合に必要な活性元素の絶対量が不足するおそれがあり、この場合、必要な接合強度が得られないという新たな問題が生じるおそれがある。

【0009】

本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、ヒートスプレッドモジュールを接合する際に、余剰の硬ろう材を生じることなく、しかも、必要な接合強度を得ることができるヒートスプレッドモジュールの製造方法及びヒートスプレッドモジュールを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るヒートスプレッドモジュールの製造方法は、台座上に少なくともヒートスプレッド材と絶縁基板と金属板とが接合されたヒートスプレッドモジュールの製造方法において、少なくとも前記台座と、ヒートスプレッド材と、絶縁基板と、金属板との間にそれぞれ活性元素を含む硬ろう材を供給する工程と、これらの積層された部材を加圧しつつ加熱して硬ろう材を溶融させて接合する工程とを含み、前記各硬ろう材は、溶融させた際に厚みが $3\sim 20\mu\text{m}$ となるように供給され、かつ、前記活性元素の含有量が $400\sim 1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であることを特徴とする。

【0011】

これにより、まず、各硬ろう材を、溶融させた際に各硬ろう材の厚みが $3\sim 20\mu\text{m}$ となるように供給するようにしたので、前記台座、ヒートスプレッド材、絶縁基板及び金属板を所定の圧力をかけつつ加熱して接合した際に、押し出される硬ろう材の量をほとんどゼロに近い状態あるいは少ないものとすることができる。そのため、押し出された硬ろう材を除去する工程を省略することができ、製造コストを抑えることができる。しかも、金属板の表面の合金化、緩衝層として用いている銅板の側端面へのろう材のはみ出しや合金化による応力緩衝効果の低下を抑制することができ、ヒートスプレッドモジュールとしての品質を劣化させることはない。

【0012】

また、活性元素の含有量を $50\sim 2000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、より望ましくは $400\sim 1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ としたので、接合に必要な活性元素の絶対量を十分に確保でき、必要な接合強度を得ることができる。

【0013】

そして、前記製造方法において、前記活性元素はTiであることが好ましい。この場合、前記硬ろう材として、前記活性元素であるTiを $3\sim 15$ 質量%含む硬ろう材を用いることが好ましい。また、前記硬ろう材として、Ag-Cu-In-Tiの硬ろう材を用いることが好ましい。

【0014】

前記製造方法においての前記硬ろう材は、部材間に板材として積層するか、あるいはペーストとして被接合部材に印刷されるか、もしくはバインダーを用いて粉体を被接合部材に塗布することで供給することができる。

【0015】

また、前記製造方法において、活性元素を含む硬ろう材のかわりに、活性元素を含まない硬ろう材粉体と活性元素粉体を混合した硬ろう材粉体、もしくはこれらのペーストを用いることもできる。この場合、活性元素を含まない硬ろう材としては、Ag-Cu-Inの硬ろう材が、活性元素としてはTiであることが望ましい。

【0016】

前記ヒートスプレッド材は、C母材にCuまたはCu合金が含浸された複合材、もしくはSiC母材にCuまたはCu合金が含浸された複合材で構成されていることが好ましい。

【0017】

この場合、前記ヒートスプレッド材と隣接する部材間には、前記硬ろう材が、溶融させた際に厚みが $3\sim 20\mu\text{m}$ となるように供給され、かつ、前記活性元素の含有量が $400\sim 1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、前記絶縁基板と隣接する部材間には、前記硬ろう材が、溶融させた際に厚みが $3\sim 20\mu\text{m}$ となるように供給され、かつ、前記活性元素の含有量が $50\sim 1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ としてもよい。

【0018】

次に、本発明に係るヒートスプレッドモジュールは、少なくとも台座と、ヒートスプレッド材と、絶縁基板と、金属板との間にそれぞれ活性元素を含む硬ろう材が供給され、これらの部材を加圧しつつ加熱して接合することにより構成されるヒートスプレッドモジュールであって、前記各硬ろう材は、溶融させた際に各硬ろう材の厚みが $3\sim 20\mu\text{m}$ となるように供給され、かつ、前記活性元素の含有量が $50\sim 2000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、より望ましくは $400\sim 1000\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であることを特徴とする。

【0019】

これにより、ヒートスプレッドモジュールを接合する際に、余剰の硬ろう材を生じることなく、しかも、必要な接合強度を得ることができる。

【0020】

また、本発明に係るヒートスプレッドモジュールは、少なくとも台座と、ヒートスプレッド材と、絶縁基板と、金属板との間にそれぞれ活性元素を含む硬ろう材が供給され、これらの部材を接合することにより構成されるヒートスプレッドモジュールであって、前記金属板は、その側端面から内部に向かって所定の範囲にわたって合金化され、前記所定の範囲は、 $0\mu\text{m}$ 以上、 $200\mu\text{m}$ 以下の範囲であることを特徴とする。この場合、前記金属板の合金化された部分は、前記硬ろう材の組成元素を含む。

【0021】

これにより、金属板の上下に位置する絶縁基板等に割れなどが生じなくなり、信頼性の高いヒートスプレッドモジュールを提供することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るヒートスプレッドモジュールの製造方法及びヒートスプレッドモジュールの実施の形態例を図1～図17を参照しながら説明する。

【0023】

本実施の形態に係るヒートスプレッドモジュール10は、図1に示すように、台座12と、該台座12上に配されたヒートスプレッド材14と、該ヒートスプレッド材14上に配された熱伝導層16と、台座12とヒートスプレッド材14との間に介在された第1の硬ろう材18と、ヒートスプレッド材14と熱伝導層16との間に介在された第2の硬ろう材20とを有する。

【0024】

熱伝導層16は、絶縁基板22と、該絶縁基板22とヒートスプレッド材14との間に介在された中間層24と、絶縁基板22上に配されたCu又はAlからなる回路基板26と、中間層24と絶縁基板22との間に介在された第3の硬ろう材28と、絶縁基板22と回路基板26との間に介在された第4の硬ろう材30とを有する。

【0025】

回路基板26上には下地層32を介してICチップ34が実装され、台座12の下面に例えばAlやCuで構成された放熱体としてのヒートシンク36が例えばねじ止め（図示せず）によって固定される。絶縁基板22には、AlN又は Si_3N_4 を用いることができる。

【0026】

ここで、台座12と、ヒートスプレッド材14と、絶縁基板22と、中間層24と、回路基板26とで構成されるヒートスプレッドモジュールの構成部材の積層順序は必ずしも図1の構成に限られることはなく、台座12がヒートシンク36と隣接し、回路基板26が下地層32を介してICチップ34に隣接していれば、中間層24とヒートスプレッド材14はそれぞれ一層でなく複数の層の組み合わせとしてもよいし、絶縁基板22は回路基板26の直下ではなく、台座12から回路基板26の間のいずれか適当な位置に配置してもよい。

【0027】

また、ヒートスプレッド材14の熱伝導率は、 $150\text{W}/\text{mK}$ 以上であることが好ましい。 $150\text{W}/\text{mK}$ 未満であると、ヒートスプレッドモジュール10が使用されることに伴

ってICチップ34が発した熱をヒートスプレッドモジュール10の外部へと伝達させる速度が遅くなるので、該ヒートスプレッドモジュール10の温度を一定に保持する効果に乏しくなるからである。

【0028】

ヒートスプレッド材14の構成材料は、熱伝導率や熱膨張率が上記した範囲内となるようなものであれば特に限定されないが、SiC、AlN、Si₃N₄、BeO、Al₂O₃、Be₂C、C、Cu、Cu合金、Al、Al合金、Ag、Ag合金、Siからなる群から選択された少なくとも1つを好適な例として挙げることができる。即ち、ヒートスプレッド材14は、これらの中から選定された単体または2つ以上からなる複合材から構成することができる。複合材としては、SiC/Cu複合材40(図2参照)やC/Cu複合材42(図3参照)を例示することができる。

【0029】

SiC/Cu複合材40は、図2に示すように、SiCで構成された多孔質焼結体44の開気孔46内に溶解したCu又はCu合金48を含浸し、次いで、このCu又はCu合金48を凝固させることにより得られる。

【0030】

C/Cu複合材42は、図3に示すように、カーボン又はその同素体を予備焼成してネットワーク化することによって得られる多孔質焼結体50の開気孔52内に溶解したCu又はCu合金54を含浸し、次いで、このCu又はCu合金54を凝固させることにより得られるものであって、例えば特開2001-339022号公報に示される部材である。

【0031】

ヒートスプレッド材14が上述した複合材料や合金からなる場合、熱膨張率や熱伝導率は、構成成分の組成比を設定することにより、熱膨張率 $3.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ /K、熱伝導率:150W/mK以上に制御することができる。

【0032】

第1～第4の硬ろう材18、20、28、30は、活性元素を含む硬ろう材であることが好ましい。この場合、活性元素は、Mg、Sr、Ca、Ba、Be等の周期律表第2A族、Ce等の第3A族、Ti、Zr等の第4A族、又は、Nb等の第5A族、B、Si等の第4B族に属する元素のうちの少なくとも1つを使用することができる。この実施の形態では、前記第1～第4の硬ろう材18、20、28、30として、Ag-Cu-In-Tiの硬ろう材を使用した。この場合、活性元素はTiである。

【0033】

一方、下地層32は、図1に示すように、前記熱伝導層16上に形成された半田層60と、ICチップ34の半田層60に対する濡れ性を良好にするためのNi層62とを有して構成されている。前記台座12は、純銅もしくは銅合金にて構成されている。

【0034】

ここで、本実施の形態に係るヒートスプレッドモジュール10の製造方法について図4A～図5を参照しながら説明する。

【0035】

まず、図4Aに示すセッティング工程において、台座12上に、板状の第1の硬ろう材18、ヒートスプレッド材14、板状の第2の硬ろう材20、中間層24、板状の第3の硬ろう材28、絶縁基板22、板状の第4の硬ろう材30及び回路基板26の順に載置(セッティング)する。このセッティング工程は、例えば大気中で行われる。

【0036】

次に、図4Bに示す接合工程において、第1の硬ろう材18、ヒートスプレッド材14、第2の硬ろう材20、中間層24、第3の硬ろう材28、絶縁基板22、第4の硬ろう材30及び回路基板26がセッティングされた台座12を治具70上に固定し、例えば 1.0×10^{-5} Torr以下の真空中にて、上方から加圧を行いながら、昇温・降温を行って接合する。この接合処理によって、図1に示すように、回路基板26、絶縁基板22、中間層24、ヒートスプレッド材14及び台座12が一体化された接合体、即ち、ヒート

スプレッドモジュール10が得られる。

【0037】

図4Aでは、板状の第1～第4の硬ろう材18、20、28、30を用いたが、図5に示すように、ペースト状の第1～第4の硬ろう材18、20、28、30を用いることができる。この場合、第1の硬ろう材18を塗布した台座12上に第2の硬ろう材20を塗布したヒートスプレッド材14を載置し、該ヒートスプレッド材14上に第3の硬ろう材28を塗布した中間層24を載置する。

【0038】

更に、前記中間層24上に第4の硬ろう材30を塗布した絶縁基板22を載置し、該絶縁基板22上に回路基板26を載置する。これによって、第1～第4の硬ろう材18、20、28、30の塗布によるセッティング工程が完了する。

【0039】

なお、図4Bに示す接合工程では、0.2MPa以上、10MPa以下の力で加圧することが好ましい。

【0040】

そして、本実施の形態では、図4A又は図5に示すセッティング工程において、第1～第4の硬ろう材18、20、28、30を供給する際に、加圧しつつ加熱して接合するときの各第1～第4の硬ろう材18、20、28、30が溶融した際に平均厚みが3～20 μ mとなる量だけ各第1～第4の硬ろう材18、20、28、30を供給する。

【0041】

この場合、Tiの含有量が50～2000 μ g/cm²、より望ましくは400～1000 μ g/cm²であることが好ましい。

【0042】

これにより、まず、各硬ろう材18、20、28、30を、加圧しつつ加熱して接合するときの各硬ろう材18、20、28、30が溶融した際の厚みが3～20 μ mとなるように供給するようにしたので、台座12、ヒートスプレッド材14、中間層24、絶縁基板22及び回路基板26を所定の圧力をかけて接合した際に、押し出される硬ろう材80（例えば図7A参照）の量をほとんどゼロに近い状態あるいは少ないものとすることができる。そのため、押し出された硬ろう材80を除去する工程を省略することができ、製造コストを抑えることができる。しかも、金属板である中間層24の表面の合金化を抑制することができ、ヒートスプレッドモジュール10としての品質を劣化させることはない。なお、回路基板26は、0.1～0.3mm程度の薄い板厚の部材が用いられることが多い。そのため、押し出された硬ろう材80がその部材の側面に付着する量は少なく、硬ろう材80と前記部材（回路基板26）とはほとんど合金化されない。

【0043】

また、各部材間の接合強度は、各硬ろう材18、20、28、30に含まれるTiの量に依存するが、本実施の形態では、Tiの含有量を50～2000 μ g/cm²、より望ましくは400～1000 μ g/cm²としたので、接合に必要なTiの絶対量を十分に確保でき、必要な接合強度を得ることができる。

【0044】

ここで、7つの実験例を示す。まず、第1の実験例は、数種のサンプル（比較例C1及びC2並びに実施例E1及びE2）について、硬ろう材80のはみ出し状態を外観的にみたものである。これらサンプルの共通の構成は、図6に示すように、2つの接合体82及び84をバッファ層86を介して積層した構造を有し、各接合体82及び84は、C/Cu複合材42（図3参照）によるヒートスプレッド材14（厚み＝3.0mm）上に第2の硬ろう材20、Cuによる中間層24（厚み＝0.25mm）、第3の硬ろう材28、SNによる絶縁基板22（厚み＝0.3mm）、第4の硬ろう材30及びCuによる回路基板26（厚み＝0.3mm）が積層されている。

【0045】

そして、前記サンプルに対し、温度が830℃、雰囲気が1.0×10⁻⁵Torr以下

の真空中において、加圧力3.5MPaで加圧接合した。加圧時間は10分とした。

【0046】

比較例C1は、加圧接合時の第2～第4の硬ろう材20、28、30の各厚みを50 μ mとした例を示し、比較例C2は、加圧接合時の第2～第4の硬ろう材20、28、30の各厚みを30 μ mとした例を示す。同様に、実施例E1は、加圧接合時の第2～第4の硬ろう材20、28、30の各厚みを20 μ mとした例を示し、実施例E2は、加圧接合時の第2～第4の硬ろう材20、28、30の各厚みを10 μ mとした例を示す。

【0047】

実験後の各サンプルの外観を図7A～図8Bに示す。比較例C1は、図7Aに示すように、加圧時に大量の余剰の硬ろう材80が押し出され、回路基板26や中間層24の側面に大量の硬ろう材80が付着していることがわかる。比較例C2は、図7Bに示すように、比較例C1ほどではないが、加圧時に余剰の硬ろう材80が押し出され、回路基板26や中間層24の側面に硬ろう材80が付着していることがわかる。

【0048】

一方、実施例E1は、図8Aに示すように、加圧時に押し出された硬ろう材80の量が少なく、回路基板26や中間層24の側面にはほとんど硬ろう材80が付着していない。実施例E2にあっては、図8Bに示すように、加圧時において硬ろう材80は押し出されず、回路基板26や中間層24の側面には硬ろう材80は付着していなかった。

【0049】

第2の実験例は、実験後の上述の比較例C1及びC2並びに実施例E1及びE2を縦方向に破断し、中間層24の合金化の度合い並びに絶縁基板22の割れ具合をみたものである。実験結果を図9A～図10Bに示す。

【0050】

比較例C1は、図9Aに示すように、中間層24の側面から中心に向かって約200 μ mにわたって合金化され（合金化の範囲a1参照）、比較例C2は、図9Bに示すように、約100 μ mにわたって合金化されていた（合金化の範囲a2参照）。特に、比較例C1では、合金化された範囲が広いことから、絶縁基板22に割れ90が生じていた。

【0051】

実施例E1は、図10Aに示すように、中間層24の側面から中心に向かって約20 μ mにわたって合金化されているが（合金化の範囲b1参照）、比較例C1やC2と比して大幅に低減している。実施例E2では、図10Bに示すように、約10 μ m程度の合金化であり（合金化の範囲b2参照）、ほとんど合金化されていないことがわかる。

【0052】

次に、第3の実験例は、上述した第1の実験例と同様のサンプル（図6参照）において、第2～第4の硬ろう材20、28、30を供給した際の各硬ろう材20、28、30の厚みの違いによって、押し出された硬ろう材80の量の変化を測定したものである。押し出された硬ろう材80の量の測定は、押し出された硬ろう材80を切り取り、重量を測定することにより行った。

【0053】

測定結果を図11に示す。この図11において、◇で示すプロットは、第2～第4の硬ろう材20、28、30として、Tiを2.2質量%含有する硬ろう材を用いた場合を示し、■で示すプロットは、第2～第4の硬ろう材20、28、30として、Tiを7質量%含有する硬ろう材を用いた場合を示す。また、右上がりの直線Gは、供給時の第2～第4の硬ろう材20、28、30全体の重量の変化を示す。

【0054】

図11に示すように、供給される第2～第4の硬ろう材20、28、30の厚みが大きくなるほど押し出される硬ろう材80の量も増加している。しかし、供給時の第2～第4の硬ろう材20、28、30全体の重量との差、即ち、接合に寄与している量はほとんど変化していないことがわかる。

【0055】

つまり、この第3の実験例から、接合に寄与する硬ろう材の重量はほとんど変わらないことから、この重量以上の硬ろう材を供給しても無駄であり、却って、中間層24に対して不要な合金化を招き、特性の劣化につながる事がわかる。

【0056】

次に、第4の実験例について説明する。この第4の実験例は、第1～第4の硬ろう材18、20、28、30中のTiの含有量に対するヒートスプレッドモジュールの接合強度の違いをみたものである。

【0057】

この第4の実験例では、第1～第4の硬ろう材18、20、28、30として、60Ag-24Cu-14In-2.2Tiを用い、供給時の厚みが5 μ m、7.5 μ m、10 μ m、15 μ m及び20 μ mとした第1種のサンプルと、第1～第4の硬ろう材18、20、28、30として、58Ag-22Cu-13In-7Tiを用い、供給時の厚みが5 μ m、7.5 μ m、10 μ m、15 μ m及び20 μ mとした第2種のサンプルとを用意した。

【0058】

第1種のサンプル及び第2種のサンプルは共に、図12に示すように、Cuによる台座12(厚み=2.0mm)上に、第1の硬ろう材18、C/Cu複合材によるヒートスプレッド材14(厚み=3.0mm)、第2の硬ろう材20、中間層24(厚み=1.0mm)、第3の硬ろう材28、SNによる絶縁基板22(厚み=0.3mm)、第4の硬ろう材30及びCuによる回路基板26(厚み=0.2mm)が積層された構造を有する。

【0059】

そして、これら第1種及び第2種のサンプルについて、台座12と回路基板26に端子を接合して鉛直軸線方向の単純引張による剥離試験を行い、接合面(硬ろう材部分)において剥離したときの強度あるいはヒートスプレッド材14において破断したときの強度を測定した。接合面で剥離するということは接合強度が低いことを示し、ヒートスプレッド材14で破断するということは接合強度が高く、信頼性が高いことを示す。

【0060】

測定結果を図13に示す。この図13において、横軸には、第1種のサンプルにおける各硬ろう材18、20、28、30の厚みの目盛りと、第2種のサンプルにおける各硬ろう材18、20、28、30の厚みの目盛りと、Tiの含有量の目盛りを示す。

【0061】

また、図13において、□で示すプロットは、第1種のサンプルについて接合面で剥離した強度を示し、■で示すプロットは、第1種のサンプルについてヒートスプレッド材14で破断した強度を示す。同様に、○で示すプロットは、第2種のサンプルについて接合面で剥離した強度を示し、●で示すプロットは、第2種のサンプルについてヒートスプレッド材14で破断した強度を示す。接合面での剥離はいずれもヒートスプレッド材14と台座12との界面か、ヒートスプレッド材14と中間層24の界面かで生じていた。

【0062】

図13の結果から、第1種のサンプルは、厚み5～20 μ mのすべてについて接合面での剥離がみられたが、厚み20 μ mのサンプルにおいてはヒートスプレッド材14での破断もみられた。

【0063】

一方、第2種のサンプルは、厚み5 μ mのサンプルにおいて、接合面での剥離がみられたが、その強度は20MPaであって、接合強度としては実用レベルのものであった。厚み7.5～20 μ mのサンプルについては、すべてヒートスプレッド材14での破断がみられ、接合面での剥離はなかった。

【0064】

ここで、第1種のサンプルのうち、厚みが20 μ mのTi量は、約420 μ g/cm²であり、第2種のサンプルのうち、厚みが5 μ mのTi量は、約350 μ g/cm²である。このことから、ヒートスプレッド材14と台座12間、ヒートスプレッド材14と中間

層24間の接合に必要なTiの含有量は $400\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 以上であれば、接合強度は実用レベルのものを得ることができることがわかる。

【0065】

次に、第5の実験例について説明する。この第5の実験例で用いられる第3種のサンプル及び第4種のサンプルは、図14に示すように、Cuによる中間層24（厚み=1.0mm）上に、第1の硬ろう材18、SNによる絶縁基板22（厚み=0.3mm）、第2の硬ろう材20、及びCuによる回路基板26（厚み=0.2mm）が積層された構造を有する。

【0066】

この第5の実験例は、SNによる絶縁基板22とCuによる回路基板26、SNによる絶縁基板22と中間層24間の接合に必要なTiの含有量に対する接合強度の違いをみたものである。

【0067】

測定結果を図15に示す。この図15において、接合強度判定は、中間層24と回路基板26に端子を接合して鉛直軸線方向の単純引張による剥離試験を行い、そのとき、接合面で剥離をおこしたものはNGと判定し、絶縁基板22自体の破損を起こしたものは接合強度としては実用レベルにあるとの判断でOKとした。

【0068】

図15の結果から、第3種のサンプルでは、厚み $3\mu\text{m}$ のものについて接合面での剥離がみられたが、厚み $5\sim 20\mu\text{m}$ のものにおいては絶縁基板22での破断が生じた。

【0069】

一方、第4種のサンプルでは、厚み $3\sim 20\mu\text{m}$ の全てのものにおいて、絶縁基板22での破断が生じた。

【0070】

ここで、第3種のサンプルのうち、厚みが $3\mu\text{m}$ のTi量は、約 $38\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、厚みが $5\mu\text{m}$ のTi量は、約 $63\mu\text{g}/\text{cm}^2$ である。このことから、SNによる絶縁基板22とCuによる回路基板26、SNによる絶縁基板22と中間層24間の接合に必要なTiの含有量は、 $50\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 以上であれば、接合強度は実用レベルのものを得ることができることがわかる。

【0071】

次に、第6の実験例について説明する。この第6の実験例は、第1～第4の硬ろう材18、20、28、30中のTiの含有量に対するヒートスプレッドモジュール10の熱伝導率の変化をみたものである。即ち、第4の実験例で使用した第1種のサンプルと第2種のサンプルの熱伝導率を測定した。

【0072】

測定結果を図16に示す。□で示すプロットは、第1種のサンプルの熱伝導率を示し、●で示すプロットは、第2種のサンプルの熱伝導率を示す。

【0073】

第1種のサンプル全部、並びに第2種のサンプルのうち、供給時の第1～第4の硬ろう材18、20、28、30の厚みが $5\mu\text{m}$ 、 $7.5\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 及び $15\mu\text{m}$ については、熱伝導率として $350(\text{W}/\text{mK})$ 以上を確保できているが、第2種のサンプルのうち、供給時の硬ろう材18、20、28、30の厚みが $20\mu\text{m}$ （Tiの含有量換算で $1300\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 以上のもの）については、熱伝導率が $350(\text{W}/\text{mK})$ 未満となっていた。

【0074】

このように、図16の特性から、Tiの含有量が $1200\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 以下であれば、熱伝導率は実用レベルのものを得ることができることがわかる。

【0075】

次に、第7の実験例について説明する。この第7の実験例は、総合的な実験を示すもので、以下の接合条件にて接合したサンプル1～23（図12と同様の構成を有する）につい

ての接合強度と、熱伝導率と、はみ出した硬ろう材80の量と、中間層24の合金化の判定とをみたものである。

【0076】

合金化の判定は、ろう材塗付量が $20\mu\text{m}$ を超えるものであって、中間層の側面から内部に向かって $200\mu\text{m}$ 以上の合金化を生じた部位がある場合は「×」と判定し、ろう材塗付量が $10\sim 20\mu\text{m}$ の範囲であって、 $200\mu\text{m}$ 以上の合金化を生じた部位がない場合は「○」、ろう材塗付量が $10\mu\text{m}$ 未満であって、合金化の範囲が $100\mu\text{m}$ 以下の場合には「◎」として判定した。

【0077】

接合条件は、雰囲気を $1.0\times 10^{-5}\text{ Torr}$ 以下の真空、接合温度を 830°C 、処理時間を10分間、加圧力を 3.5 MPa とした。

【0078】

接合強度は、各サンプル1～23を引っ張り、接合界面で剥離 (NG) したか、ヒートスプレッド材14で破断 (OK) したかを判定した。

【0079】

はみ出した硬ろう材80の量は、硬ろう材がはみ出てもほとんど合金化されない回路基板26に着目し、該回路基板26とその下層に位置する絶縁基板22の間からはみ出た硬ろう材80の量を測定し、その測定値を4倍にしたものである。

【0080】

これらサンプル1～23の内訳 (第1～第4の硬ろう材18、20、28、30の組成、硬ろう材18、20、28、30の供給量、Tiの含有量) を、測定結果と共に図17に示す。この図17において、W1は各硬ろう材18、20、28、30の供給量、W2はTiの含有量、 λm はヒートスプレッドモジュール10の熱伝導率、hmははみ出した硬ろう材80の量を示す。

【0081】

また、以下の説明では、硬ろう材18、20、28、30の組成の表記について、 $60\text{ Ag}-24.7\text{ Cu}-14\text{ In}-1.3\text{ Ti}$ の組成のものを「1.3Ti材」、 $59.8\text{ Ag}-24\text{ Cu}-14\text{ In}-2.2\text{ Ti}$ の組成のものを「2.2Ti材」、 $58.4\text{ Ag}-23.5\text{ Cu}-13.5\text{ In}-4.5\text{ Ti}$ の組成のものを「4.5Ti材」、 $58\text{ Ag}-22\text{ Cu}-13\text{ In}-7\text{ Ti}$ の組成のものを「7Ti材」と記す。

【0082】

図17の測定結果から、まず、接合強度の判定についてみると、サンプル1～3、「1.3Ti材」を用いたサンプル1～4に関しては、サンプル1～3がNGの判定であり、この判定を決めるTiの含有量の臨界点は、サンプル3の $378.3\mu\text{g}/\text{cm}^2$ とサンプル4の $630.5\mu\text{g}/\text{cm}^2$ との間に存在する。

【0083】

「2.2Ti材」を用いたサンプル5～11に関しては、サンプル5～7がNGの判定であり、この判定を決めるTiの含有量の臨界点は、サンプル7の $213.4\mu\text{g}/\text{cm}^2$ とサンプル8の $320.1\mu\text{g}/\text{cm}^2$ との間に存在する。

【0084】

「4.5Ti材」を用いたサンプル12～17に関しては、サンプル12がNGの判定であり、この判定を決めるTiの含有量の臨界点は、サンプル12の $218.25\mu\text{g}/\text{cm}^2$ とサンプル13の $327.6\mu\text{g}/\text{cm}^2$ との間に存在する。

【0085】

「7Ti材」を用いたサンプル18～23に関しては、NGの判定を受けたサンプルはなく、NG判定を決めるTiの含有量の臨界点は、 $339.5\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 未満に存在する。

【0086】

また、熱伝導率についてみると、 360 (W/mK) 未満のものは、サンプル11 (Tiの含有量： $1067\text{ (}\mu\text{g}/\text{cm}^2\text{)}$)、サンプル16 (Tiの含有量： $873\text{ (}\mu\text{g}/$

cm²))、サンプル17(Tiの含有量:1309.5(μg/cm²))、サンプル21(Tiの含有量:1018.5(μg/cm²))、サンプル22(Tiの含有量:1358(μg/cm²))及びサンプル23(Tiの含有量:2037(μg/cm²))であった。

【0087】

従って、熱伝導率として350(W/mK)を決める臨界点は、サンプル16の873(μg/cm²)とサンプル11の1067(μg/cm²)との間に存在する。

【0088】

また、中間層24の合金化について、「×」の判定を受けたものは、第1～第4の硬ろう材18、20、28、30の供給量が29.1(mg/cm²)であるサンプル3、10、17及び23並びに硬ろう材18、20、28、30の供給量が48.5(mg/cm²)であるサンプル4及び11であった。

【0089】

ここで、硬ろう材18、20、28、30の供給量29.1(mg/cm²)は、供給時の厚みで換算すると、30μmであり、硬ろう材18、20、28、30の供給量48.5(mg/cm²)は、供給時の厚みで換算すると、50μmである。

【0090】

この第7の実験例から、硬ろう材18、20、28、30の供給時の厚みが20μm未満であって、かつ、Tiの含有量が400～1000(μg/cm²)であれば、ヒートスプレッドモジュール10の熱伝導率として350(W/mK)以上を得ることができ、接合強度も十分な強度を確保でき、しかも、中間層24の合金化もほとんど発生しない良好なヒートスプレッドモジュールを得ることができることがわかる。

【0091】

なお、この発明に係るヒートスプレッドモジュールの製造方法及びヒートスプレッドモジュールは、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0092】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るヒートスプレッドモジュールの製造方法及びヒートスプレッドモジュールによれば、ヒートスプレッドモジュールを接合する際に、余剰の硬ろう材を生じることなく、しかも、必要な接合強度を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態に係るヒートスプレッドモジュールの構成を示す縦断面図である。

【図2】ヒートスプレッド材の構成材料の一例であるSiC/Cu複合材を示す拡大図である。

【図3】ヒートスプレッド材の構成材料の他の例であるC/Cu複合材を示す拡大図である。

【図4】図4Aはセッティング工程を示す説明図であり、図4Bは接合工程を示す説明図である。

【図5】他のセッティング工程を示す説明図である。

【図6】第1～第3の実験例にて使用したサンプルの構成を示す断面図である。

【図7】図7Aは、比較例C1における加圧接合後の外観を示す斜視図であり、図7Bは、比較例C2における加圧接合後の外観を示す斜視図である。

【図8】図8Aは、実施例E1における加圧接合後の外観を示す斜視図であり、図8Bは、実施例E2における加圧接合後の外観を示す斜視図である。

【図9】図9Aは、比較例C1における加圧接合後の中間層の合金化の状態を示す断面図であり、図9Bは、比較例C2における加圧接合後の中間層の合金化の状態を示す断面図である。

【図10】図10Aは、実施例E1における加圧接合後の中間層の合金化の状態を示す断面図であり、図10Bは、実施例E2における加圧接合後の中間層の合金化の状態を示す

断面図である。

【図11】第3の実験例の測定結果を示すもので、各硬ろう材の供給時の厚みの違いによる硬ろう材のはみ出し量の変化を示す特性図である。

【図12】第4～第6の実験例にて使用したサンプルの構成を示す断面図である。

【図13】第4の実験例の測定結果を示すもので、硬ろう材中のTiの含有量に対するヒートスプレッドモジュールの接合強度の違いを示す特性図である。

【図14】第5の実験例にて使用したサンプルの構成を示す断面図である。

【図15】第5の実験例の測定結果を示すもので、SNによる絶縁基板とCuによる回路基板、もしくは中間層間のろう材量とTiの含有量に対する接合強度の違いを示す表図である。

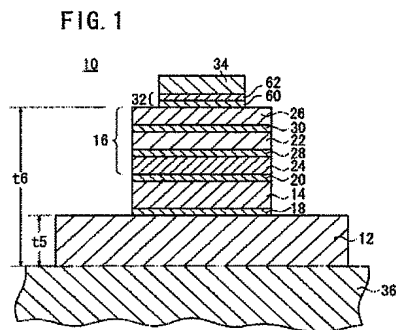
【図16】第6の実験例の測定結果を示すもので、硬ろう材中のTiの含有量に対するヒートスプレッドモジュールの熱伝導率の変化を示す特性図である。

【図17】第7の実験例の測定結果を示すもので、サンプル1～23についての接合強度と、熱伝導率と、はみ出した硬ろう材の量と、中間層の合金化の判定結果を示す表図である。

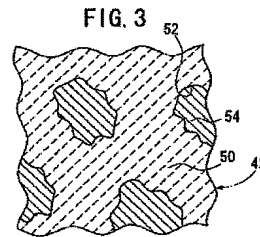
【符号の説明】

- | | |
|------------------|--------------|
| 10…ヒートスプレッドモジュール | 12…台座 |
| 14…ヒートスプレッド材 | 16…熱伝導層 |
| 18…第1の硬ろう材 | 20…第2の硬ろう材 |
| 22…絶縁基板 | 24…中間層 |
| 26…回路基板 | 28…第3の硬ろう材 |
| 30…第4の硬ろう材 | 80…はみ出した硬ろう材 |

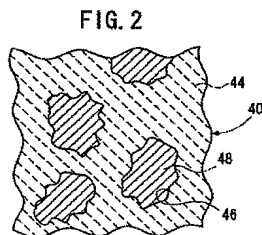
【図1】



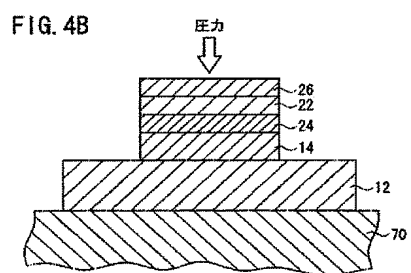
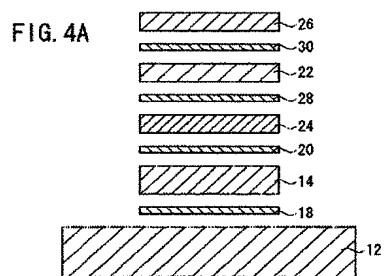
【図3】



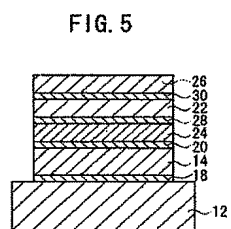
【図2】



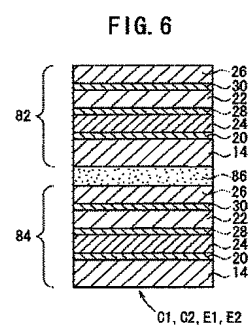
【図4】



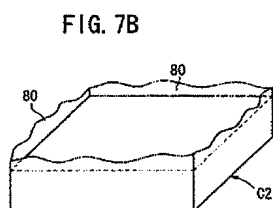
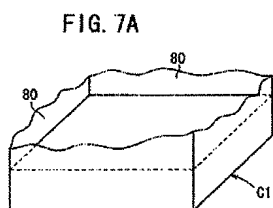
【図5】



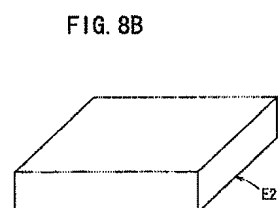
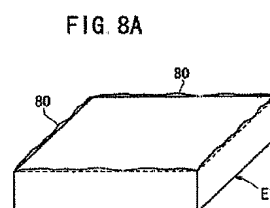
【図6】



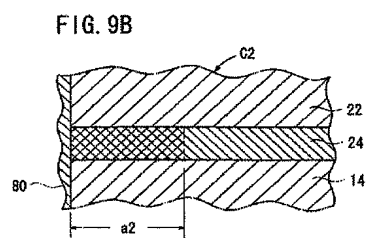
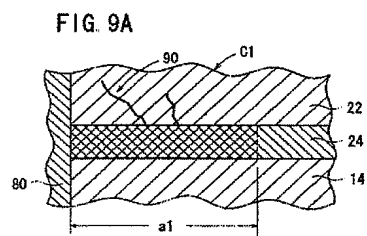
【図7】



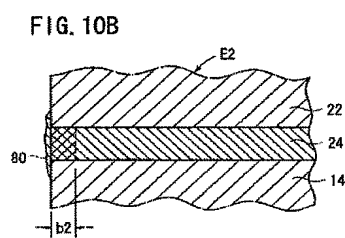
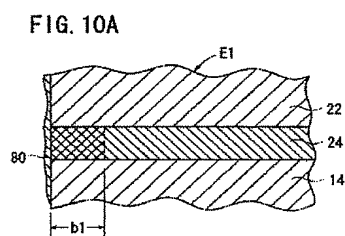
【図8】



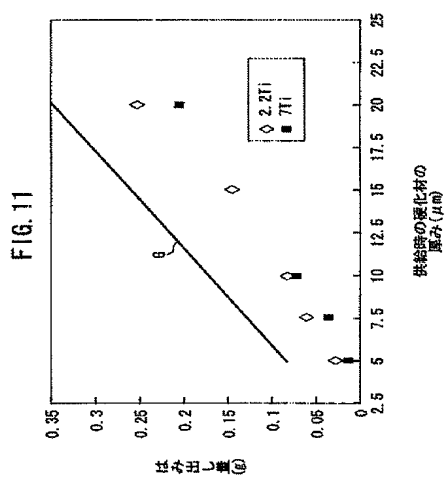
【図9】



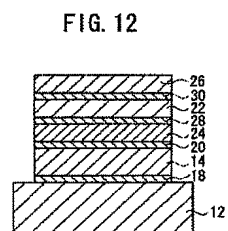
【図10】



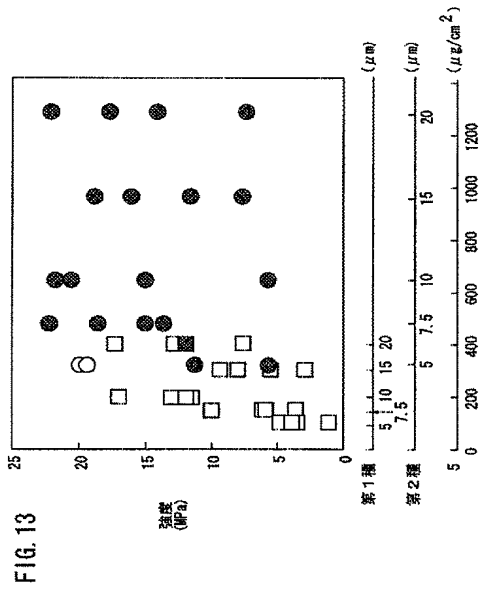
【図11】



【図12】

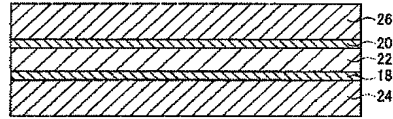


【図13】



【図14】

FIG. 14

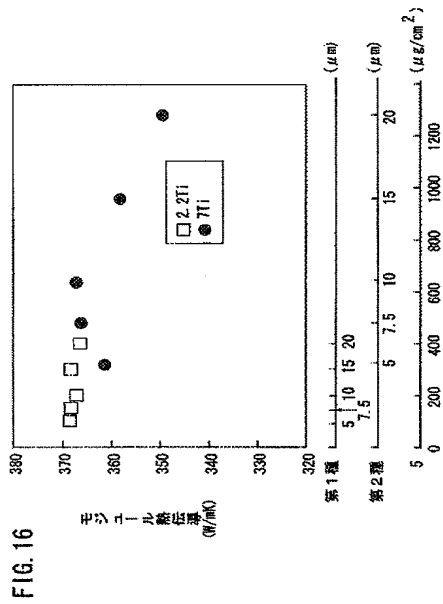


【図15】

FIG. 15

サンプル	硬ろう材の組成	W1 (μg/cm ²)	W2 (μg/cm ²)	接合強度の判定
1	60Ag-24.7Cu-14In-1.3Ti	2.91	37.83	NG
2	同上	4.85	63.05	OK
3	同上	7.28	84.64	OK
4	同上	9.7	126.1	OK
5	同上	19.4	252.2	OK
6	59.8Ag-24Cu-14In-2.2Ti	2.91	64.02	OK
7	同上	4.85	106.7	OK
8	同上	7.28	160.16	OK
9	同上	9.7	213.4	OK
10	同上	19.4	426.8	OK

【図16】



【図17】

FIG. 17

サンプル	硬ろう材の組成	W1 (μg/cm ²)	W2 (μg/cm ²)	接合強度の判定	2層 (W/mK)	1層 (μm)	合金化の判定
1	60Ag-24.7Cu-14In-1.3Ti	9.7	126.1	NG	368	180	○
2	同上	19.4	252.2	NG	366	576	○
3	同上	29.1	378.3	NG	367	984	x
4	同上	48.5	630.5	OK	368	1440	x
5	59.8Ag-24Cu-14In-2.2Ti	4.85	106.7	NG	368	72	○
6	同上	7.28	160.16	NG	368	144	○
7	同上	9.7	213.4	NG	367	204	○
8	同上	14.55	320.1	OK	368	360	○
9	同上	19.4	426.8	OK	366	624	○
10	同上	29.1	640.2	OK	368	936	x
11	同上	48.5	1067	OK	355	1488	x
12	58.4Ag-23.5Cu-13.5In-4.5Ti	4.85	218.25	NG	368	48	○
13	同上	7.28	327.6	OK	366	96	○
14	同上	9.7	436.5	OK	367	192	○
15	同上	14.55	654.75	OK	366	360	○
16	同上	19.4	873	OK	350	552	○
17	同上	29.1	1309.5	OK	344	840	x
18	58Ag-22Cu-13In-3Ti	4.85	233.9	OK	361	36	○
19	同上	7.28	309.6	OK	366	96	○
20	同上	9.7	419.7	OK	367	168	○
21	同上	14.55	618.5	OK	358	336	○
22	同上	19.4	838	OK	349	504	○
23	同上	29.1	1203.7	OK	334	888	x

(51)Int.Cl.⁷

B 2 3 K 101:40

F I

B 2 3 K 101:40

テーマコード (参考)

(72)発明者 宮原 誠

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

(72)発明者 石川 修平

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

(72)発明者 中山 信亮

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

(72)発明者 安井 誠二

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

Fターム(参考) 5F036 AA01 BA23 BB08 BC06 BD01